

Docket No.: E-42069

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : ROLF BRÜCK ET AL.  
Filed : CONCURRENTLY HEREWITH  
Title : METHOD FOR OPERATING A REFORMER INSTALLATION  
FOR PROVIDING HYDROGEN-ENRICHED GAS, AND  
REFORMER INSTALLATION

CLAIM FOR PRIORITY

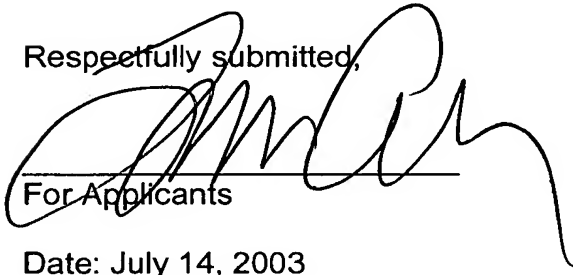
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 01 098.2, filed January 12, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
For Applicants

LAURENCE A. GREENBERG  
REG. NO. 29,308

Date: July 14, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/kf

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 01 098.2

**Anmeldetag:** 12. Januar 2001


**Anmelder/Inhaber:** Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH;  
Lohmar/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage zur  
Bereitstellung von wasserstoffangereichertem Gas  
sowie Reformieranlage

**IPC:** C 01 B 3/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. November 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



Dzierzow

Emitec Gesellschaft für  
Emissionstechnologie mbH

11. Januar 2001

E42069 KA/NL/bf

**Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage zur Bereitstellung von  
wasserstoffangereichertem Gas sowie Reformieranlage**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage zur Bereitstellung von wasserstoffangereichertem Gas, insbesondere während einer Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle sowie eine Reformieranlage.

10

Im Zuge der Energiediskussion wird die Verwendung von Brennstoffzellen zunehmend in Betracht gezogen und es werden Reformer entwickelt, die vor Ort den für die Brennstoffzellen notwendigen Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen herstellen. Je nach verwendetem Kohlenwasserstoff werden im Reformer unterschiedliche chemische Reaktionen zur Umwandlung eingesetzt.

15

In bestimmten Anwendungsgebieten treten schnell wechselnde und erhebliche Lastwechsel auf und ein Reformer muß in der Lage sein, Wasserstoff schnell in ausreichender Menge erzeugen zu können. Dieses Problem stellt sich insbesondere bei Anwendungen im Automobilbereich während der Startphase, wenn der Reformer die für die katalytische Reaktion zur Herstellung von Wasserstoff nötige Temperatur schnell erreichen muß.

20

Aus der US 5,433,072 ist ein Katalysator für die Verringerung von Schadstoffen im Abgas einer Verbrennungskraftmaschine bekannt, der sensorgesteuert elektrisch vorbeheizt wird, so dass die für die katalytische Reaktion nötige Temperatur

25

schon beim Einsteigen des Betreibers in ein Fahrzeug ohne zusätzliches Warten erreicht wird.

Hiervon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum  
5 Betrieb einer Reformieranlage anzugeben, mit dem ein wasserstoffangereichertes Gas, insbesondere während einer Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle, bereitgestellt wird, sowie eine Reformieranlage zur Durchführung dieses Verfahrens zu beschreiben.

10 Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1 sowie die Merkmale des Anspruchs 17. Weitere Ausgestaltungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage zur  
15 Bereitstellung von wasserstoffangereichertem Gas, insbesondere während einer Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle, wird ein Zustrom einer ersten Reformereinheit zugeführt und ein Abstrom von der ersten Reformereinheit abgeführt, wobei von dem Abstrom zumindest ein Teilstrom abgezweigt und wieder dem Zustrom zugeführt wird, so daß zumindest teilweise ein Kreisstrom gebildet wird. Der Zustrom setzt sich im wesentlichen aus zwei Teilen zusammen, dem Teilstrom und ein Eingangsstrom, der die für die Reaktion benötigten Kohlenwasserstoffe enthält. Der Abstrom ist der Gasstrom, der von der Reformereinheit abgegeben wird, d.h. der die nicht umgesetzten Edukte und die Produkte der ersten Reformereinheit enthält. Zustrom, Abstrom und Teilstrom bilden  
20 zumindest teilweise einen Kreisstrom. Teilweise heißt in diesem Zusammenhang, daß dem Zustrom ein weiterer Strom, insbesondere der Eingangsstrom, zugeführt wird und dem Abstrom ein Ausgangsstrom abgezweigt wird, der (gegebenenfalls gereinigt) an die Umgebung abgegeben wird. Der Kreisstrom hat zwei Vorteile. Zum einen wird die erste Reformereinheit effektiver genutzt, da durch die Bewe-  
25 gung des Kreisstroms die Gasgrenzschichtdicke an der katalytischen Beschichtung reduziert wird und so eine effizientere Katalyse stattfinden kann. Zum ande-  
30

ren kann auf diese Weise eine größere Menge an Wasserstoff, insbesondere während der Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle, bereitgestellt werden.

- 5 Nach einer Weiterbildung wird der Kreisstrom erwärmt. Je nach Art der katalytischen Umsetzung der Kohlenwasserstoffe ist die Reaktion exo- oder endotherm. Für endotherme Reaktionen muß der Brennstoff bzw. der Katalysator auf die nötige Zündtemperatur des Katalysators gebracht und gehalten werden. Bei exothermen Reaktionen muß keine weitere Wärme hinzu gegeben werden, wenn die  
10 Reaktion gezündet ist.

In einer Ausgestaltung der Erfindung wird der Kreisstrom durch eine Pumpe befördert. Mit Hilfe der Bewegung des Gases werden die Strömungsgrenzschichten am Katalysator verringert, so daß eine höhere Effektivität der Reformereinheit  
15 erzielt wird. Damit kann eine Reformereinheit bei gleicher Wasserstoffproduktion kleiner dimensioniert werden, wodurch sich Kostenvorteile ergeben.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung strömt der Kreisstrom durch eine zweite Reformereinheit, durch welche er erwärmt wird. Durch die Kombination  
20 von der ersten und der zweiten Reformereinheit kann die frei werdende Wärme der einen Reformereinheit für den Betrieb der anderen Reformereinheit verwendet werden. Durch Kombination einer exothermen Reaktion in der einen Reformieranlage und einer endothermen Reaktion in der anderen wird die Effektivität der Reformieranlage erheblich gesteigert. Es muß weder weitere Wärme dem Kreisstrom  
25 zu- noch abgeführt werden.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Kreisstrom durch elektrisches Heizen erwärmt. Gerade während der Startphase der Energieerzeugung ist ein elektrisches Heizen mit besonders einfachen Mitteln zu erreichen.  
30 Hiermit kann die erforderliche Zündtemperatur des Katalysators zügig, d.h. innerhalb weniger Sekunden erreicht werden. Nach einer noch weiteren Ausgestaltung

der Erfindung wird der Kreisstrom durch partielle Oxidation von Kohlenwasserstoffen erwärmt.

5 Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung strömt der Kreisstrom teilweise durch eine Brennstoffzelle. Hiermit kann zum einen die an der Brennstoffzelle frei werdende Wärme für eine Reformereinheit genutzt werden, zum anderen steht der an einer Reformereinheit erzeugte Wasserstoff sofort der Brennstoffzelle bereit. Darüber hinaus wird durch das Strömen des Gases und der damit verbundenen Verringerung der Grenzschichtdicke die Effizienz der Brennstoffzelle erhöht, so daß diese kleiner und preiswerter dimensioniert werden kann.

10 Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Kreisstrom sehr viel größer als ein Eingangsstrom, der dem Zustrom zugeführt wird. Hierdurch wird gewährleistet, daß ein Gasmolekül im Mittel mehrere Male an der Reformereinrichtung passiert und so die Wahrscheinlichkeit einer katalytischen Umsetzung erhöht wird. In einer speziellen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Kreisstrom mindestens zehn mal so groß wie der Eingangsstrom.

20 In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die Reformieranlage durch ein Signal eines ersten Sensors in Betrieb genommen. Hiermit wird erreicht, daß die Reformieranlage möglichst schnell auf die erforderliche Temperatur gebracht wird. Dieses ist insbesondere dann wichtig, wenn die Startphase des Betriebs einer Brennstoffzelle möglichst schnell erfolgen soll, wie es z.B. beim Starten eines Automobils der Fall ist

30 In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die Zündtemperatur der ersten Reformereinheit bzw. der zweiten Reformereinheit in weniger als 20 Sekunden, vorzugsweise 10 Sekunden, insbesondere 5 Sekunden erreicht. Die Einsetzbarkeit einer Brennstoffzelle mit einer Reformereinheit im Automobil hängt entscheidend

von der Zeit ab, mit der die nötige elektrische Leistung erzielt wird. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Kreisstroms sind akzeptable Startdauern erreichbar.

5 In einer noch weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird von einem ersten Sensor eine Kenngröße bestimmt, mit der die Größe des Zustroms und/oder des Abstroms und/oder des Teilstroms geregelt wird. Wird zum Beispiel kein Wasserstoff gebraucht, wird der Eingangsstrom, bzw. der Ausgangsstrom unterbunden. Der Kreisstrom wird so lange aufrechterhalten, bis die maximale Wasserstoffkonzentration erreicht ist und anschließend ebenso verringert. Auch kann die Größe des  
10 Kreisstroms in Abhängigkeit von einer anderen Stoffkonzentration oder der Temperatur bzw. dem Druck geregelt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Kenngröße proportional zu einer physikalischen Größe des Kreisstroms, insbesondere der Temperatur.

15

In einer noch weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Kreisstrom erwärmt, falls die Temperatur unterhalb einer vorgegebenen Temperatur, insbesondere unterhalb von 100°C liegt.

20 Die erfindungsgemäße Reformieranlage zur Bereitstellung von wasserstoffangereichertem Gas, insbesondere während einer Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle, weist mindestens eine Reformereinheit, mindestens ein Wegeventil, ein Eingangsstrom und ein Ausgangsstrom auf, wobei eine Leitung einen Zustrom, der zur ersten Reformereinheit führt, mit einem Abstrom, der von  
25 der ersten Reformereinheit abführt, verbindet, so daß zumindest teilweise ein Kreisstrom gebildet wird. An der Reformereinheit findet die katalytische Umsetzung der Kohlenwasserstoffe unter der Bildung von Wasserstoff statt. Das Wegeventil lenkt bzw. bestimmt die Größe des Eingangsstroms, der der Reformieranlage zugeführt wird, des Ausgangsstroms, der das wasserstoffangereicherte Gas  
30 enthält, und des Kreisstroms.

In einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Reformieranlage eine Heizvorrichtung zur Erwärmung des Kreisstroms auf.

5 In einer besonderen Ausführung der Erfindung weist die Reformieranlage eine zweite Reformereinheit auf.

In einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung weist die Reformieranlage eine elektrische Heizvorrichtung auf.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Reformieranlage eine Pumpe zur Aufrechterhaltung des Kreisstroms auf.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Reformieranlage weist die Reformieranlage eine Fernsteuerung zu einer ferngesteuerten Inbetriebnahme der Reformieranlage auf. Hiermit kann die Reformieranlage vom Betreiber eines mit Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeuges schon vor dem Einsteigen in das Fahrzeug in Betrieb genommen werden ohne zusätzliches Warten bis die erforderliche Temperatur der Reformereinrichtung erreicht ist.

20 In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die Reformieranlage einen zweiten Sensor zur frühzeitigen Inbetriebnahme der Reformieranlage auf. Dieser Sensor registriert die Nähe einer Person z. B. mit optischen Mitteln oder mechanischen Schaltern, so daß die Reformieranlage bei Annäherung des Betreibers in Betrieb genommen wird und zusätzliche Wartezeiten vermieden werden.

25 In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Reformieranlage einen ersten Sensor zur Regelung des Kreisstroms auf. In einer besonderen Ausführungsform ist der erste Sensor ein Temperaturfühler. Hiermit wird die Temperatur im Kreisstrom und/oder in der ersten Reformereinrichtung gemessen. In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Reformieranlage ist



der erste Sensor ein Konzentrationsfühler, insbesondere für Wasserstoff. Anhand der Daten des ersten Sensors wird die Zugabe von Kohlenwasserstoffen und / oder die Größe mindestens eines Stroms (Zu-, Ab-, Kreis-, Eingangs- oder Ausgangsstrom) eingestellt.

5

In einer noch weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Reformeranlage ist das Volumen des Raumes, in dem der Kreisstrom fließt, vergleichbar mit dem Produkt aus Inbetriebnahmezeit der Reformeranlage und dem zeitlichen Mittel des unter normalen Umständen benötigten, wasserstoffangereicherten Gasstroms. Die Inbetriebnahmezeit der Reformeranlage ist die Zeit, die ab Einschalten benötigt wird, bis die Reformeranlage mit der Umsetzung beginnt. Diese Zeit wird maßgeblich durch die Dauer bestimmt, nach der die notwendige Temperatur für die katalytische Umsetzung der Kohlenwasserstoffe erreicht wird. Das zeitliche Mittel des wasserstoffangereicherten Gasstroms entspricht der im Mittel pro Zeit verbrauchten Wasserstoffmenge. Hiermit wird gewährleistet, daß in der Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle keine Leistungseinbrüche aufgrund mangelnder Versorgung mit Wasserstoff entstehen.

10

15

Je nach Art der Brennstoffzelle ist es zweckmäßig, im Kreislauf eine zusätzliche Gasreinigung zu integrieren, die, insbesondere während der Startphase der Reformeranlage, die Brennstoffzelle vor schädlichen Einwirkungen von Verunreinigungen schützt.

20

Weitere Vorteile und Merkmale der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden anhand der Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen schematisch:

25

Fig. 1 eine Reformeranlage mit einer Heizvorrichtung zur Erwärmung des Kreisstroms,

30 Fig. 2 eine Reformeranlage mit einer zweiten Reformereinheit und einer Brennstoffzelle, und

Fig. 3 eine Reformieranlage mit einer Heizvorrichtung und einer Brennstoffzelle.

5 Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Reformieranlage mit einer Reformereinrichtung 1, einer Heizvorrichtung 11 und einer Pumpe 5, die jeweils mit Hilfe einer Leitung 14 miteinander verbunden sind. Zustrom 2, Abstrom 3 und Teilstrom 4 bilden einen Kreisstrom 2, 3, 4. Mit Hilfe von Wegeventilen 13 wird zum einen ein Eingangsstrom 8 dem Zustrom 2 zugeführt, zum anderen ein Ausgangsstrom 15 vom Abstrom 3 abgeführt. Ein erster Sensor 10 mißt die Wasserstoffkonzentration im Teilstrom 4. Die Pumpe 5 wird von einer Fernsteuerung 9 in Betrieb genommen.

Fig. 2 zeigt eine Reformieranlage nach Fig. 1, bei der die Heizvorrichtung durch eine zweite Reformereinrichtung 6 und eine Brennstoffzelle 7 ersetzt wird. Die 15 zweite Reformereinrichtung 6 hat die Funktion durch eine partielle Oxidation und ihrer damit verbundenen exothermen Reaktion den Kreisstrom 2, 3, 4 aufzuwärmen. Durch die Integration der Brennstoffzelle 7 in den Kreislauf 2, 3, 4 wird eine unmittelbare Versorgung der Brennstoffzelle 7 mit Wasserstoff ermöglicht. Für 20 einen längeren Betrieb mit großen Lastwechseln wird die Wärme der Brennstoffzelle 7 im Kreisstrom 2, 3, 4 und damit der Reformereinrichtung 1, welcher in diesem Falle eine endotherme Reaktion zur Umsetzung von Kohlenwasserstoffen verwendet, zur Verfügung gestellt. Selbst wenn kurzfristig kein Wasserstoff von der Brennstoffzelle 7 verwendet wird, kann die Wärme der Brennstoffzelle 7 für 25 einen anschließenden Gebrauch, bei dem eine große elektrische Leistung erforderlich ist, zuerst gespeichert und dann genutzt werden. Ein zweiter Sensor 2, der als Drucksensor am Sitz eines Fahrzeuges angebracht ist, löst ein Signal aus, mit dem die Pumpe 5 betätigt wird, so daß die Zeit, die notwendig ist, um die Reformieranlage in Betrieb zu nehmen, minimiert wird.

In Fig. 3 wird eine Reformieranlage nach Fig. 1 gezeigt mit dem Unterschied, daß der von der Brennstoffzelle 7 abgegebene Abgasstrom 16 zumindest teilweise wieder dem Teilstrom 4 zugeführt wird. Hiermit wird insbesondere während der Startphase eine besonders hohe Effizienz der Wasserstoffnutzung erzielt.

5

Die Erfindung zeichnet sich besonders dadurch aus, daß durch die Ausbildung eines Kreisstroms eine besonders hohe Effizienz bei der Wasserstofferzeugung mit Hilfe einer katalytischen Reaktion erzielt wird als auch besonders kurze Zeiten zur Inbetriebnahme einer Reformieranlage erreicht werden.

10

**Bezugszeichenliste**

	1	erste Reformereinheit
	2	Zustrom
5	3	Abstrom
	4	Teilstrom
	5	Pumpe
	6	zweite Reformereinheit
	7	Brennstoffzelle
10	8	Eingangsstrom
	9	Fernsteuerung
	10	erster Sensor
	11	Heizvorrichtung
	12	zweiter Sensor
15	13	Wegeventil
	14	Leitung
	15	Ausgangsstrom
	16	Abgasstrom

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage zur Bereitstellung von wasserstoffangereichertem Gas, insbesondere während einer Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle (7),  
5 bei dem  
ein Zustrom (2) einer ersten Reformereinheit (1) zugeführt wird;  
ein Abstrom (3) von der ersten Reformereinheit (1) abgeführt wird,  
wobei von dem Abstrom (3) zumindest ein Teilstrom (4) abgezweigt und  
10 wieder dem Zustrom (2) zugeführt wird, so daß zumindest teilweise  
ein Kreisstrom (2, 3, 4) gebildet wird.
2. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach Anspruch 1, bei dem  
15 der Kreisstrom (2, 3, 4) erwärmt wird.
3. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Kreisstrom (2, 3, 4) durch eine Pumpe (5) befördert wird.
4. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
20 bei dem der Kreisstrom (2, 3, 4) durch eine zweite Reformereinheit (6) strömt, durch welche er erwärmt wird.
5. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Kreisstrom (2, 3, 4) durch partielle Oxidation von  
25 Kohlenwasserstoffen erwärmt wird.
6. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Kreisstrom (2, 3, 4) durch elektrisches Heizen erwärmt wird.

7. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Kreisstrom (2, 3, 4) teilweise durch eine Brennstoffzelle (7) strömt.
- 5 8. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Kreisstrom (2, 3, 4) sehr viel größer ist als ein Eingangsstrom (8), der dem Zustrom (4) zugeführt wird.
- 10 9. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach Anspruch 8, bei dem der Kreisstrom (2, 3, 4) mindestens zehnmal so groß ist wie der Eingangsstrom (8).
- 15 10. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Reformieranlage durch eine Fernsteuerung (9) in Betrieb genommen wird.
- 20 11. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Reformieranlage durch ein Signal eines ersten Sensors (10) in Betrieb genommen wird.
- 25 12. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Zündtemperatur der ersten Reformereinheit (1) bzw. der zweiten Reformereinheit (6) in weniger als 20 s, vorzugsweise 10 s insbesondere 5 s, erreicht wird.
- 30 13. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem von einem ersten Sensor (10) eine Kenngröße bestimmt wird, mit der die Größe des Zustroms (2) und / oder des Abstroms (2) und / oder des Teilstroms (4) geregelt wird.

14. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Kenngröße proportional zu einer Stoffkonzentration im Kreisstrom (2, 3, 4), insbesondere die des Wasserstoffs, ist.
- 5 15. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach Anspruch 14, bei dem die Kenngröße proportional zu einer physikalischen Größe des Kreisstroms (2, 3, 4), insbesondere der Temperatur, ist.
- 10 16. Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage nach Anspruch 15, wird der Kreisstrom (2, 3, 4) erwärmt, falls die Temperatur unterhalb einer vorgegebenen Temperatur, insbesondere unterhalb 100°C liegt.
- 15 17. Reformieranlage zur Bereitstellung von wasserstoffangereichertem Gas, insbesondere während einer Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle (7),  
mit  
mindestens einer ersten Reformereinheit (1),  
mindestens einem Wegeventil (17),  
einem Eingangsstrom (8), und  
20 einem Ausgangsstrom (15),  
wobei eine Leitung (14) einen Abstrom (3), der von der ersten Reformereinheit (1) abführt, mit einem Zustrom (2), der zur ersten Reformereinheit (1) führt, verbindet, so daß zumindest teilweise ein Kreisstrom (2, 3, 4) gebildet wird.
- 25 18. Reformieranlage nach Anspruch 17, mit einer Heizvorrichtung (11) zur Erwärmung des Kreisstroms (2, 3, 4).
- 30 19. Reformieranlage nach Anspruch 18, wobei die Heizvorrichtung (11) eine zweite Reformereinheit (6) ist.

20. Reformeranlage nach Anspruch 18 mit einer elektrischen Heizvorrichtung (11).
21. Reformeranlage nach einem der Ansprüche 17 bis 20 , mit einer Pumpe (5) zur Aufrechterhaltung des Kreisstroms (2, 3, 4).
22. Reformeranlage nach einem der Ansprüche 17 bis 21 , mit einer Fernsteuerung (9) zu einer ferngesteuerten Inbetriebnahme der Reformeranlage.
23. Reformeranlage nach einem der Ansprüche 17 bis 22 mit einem zweiten Sensor (12), mit dessen Hilfe die Reformeranlage vom Betreiber eines mit Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeugs schon vor dem Einsteigen in das Fahrzeug in Betrieb genommen wird ohne zusätzliches Warten bis die erforderliche Temperatur der Reformereinrichtung erreicht ist.
24. Reformeranlage nach einem der Ansprüche 17 bis 23 mit einem ersten Sensor (10) zur Regelung des Kreisstroms (2, 3, 4).
25. Reformeranlage nach Anspruch 24, wobei der erste Sensor (10) ein Temperaturfühler ist.
26. Reformeranlage nach Anspruch 24, wobei der erste Sensor (10) ein Stoffkonzentrationsfühler ist, insbesondere für Wasserstoff.
27. Reformeranlage nach einem der Ansprüche 17 - 26, bei dem das Volumen des Raumes, in dem der Kreisstrom (2, 3, 4) fließt, vergleichbar ist mit dem Produkt aus Inbetriebnahmezeit der Reformeranlage und dem zeitlichen Mittel des wasserstoffangereicherten Gasvolumenstroms.



### **Zusammenfassung**

Es wird ein Verfahren zum Betrieb einer Reformieranlage zur Bereitstellung von wasserstoffangereichertem Gas, insbesondere während einer Startphase der Energieerzeugung mit einer Brennstoffzelle (7), beschrieben, bei dem ein Zustrom (2) einer ersten Reformereinheit (1) zugeführt wird, ein Abstrom von der ersten Reformereinheit (1) abgeführt wird, wobei von dem Abstrom(3) zumindest ein Teilstrom (4) abgezweigt und wieder dem Zustrom zugeführt wird, so daß zumindest teilweise ein Kreisstrom (2, 3, 4) gebildet wird. Darüberhinaus wird eine Reformieranlage beschrieben zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Erfindung zeichnet sich aus durch eine hohe Effizienz bei der Erzeugung von Wasserstoff als auch durch besonders kurze Zeiten zur Inbetriebnahme der Reformieranlage.

15 (Fig. 1)

Fig. 1

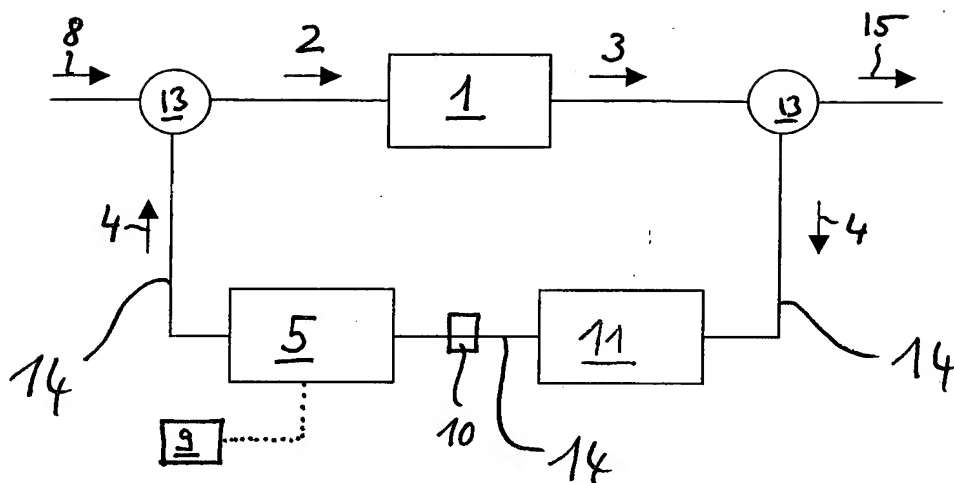


Fig. 2

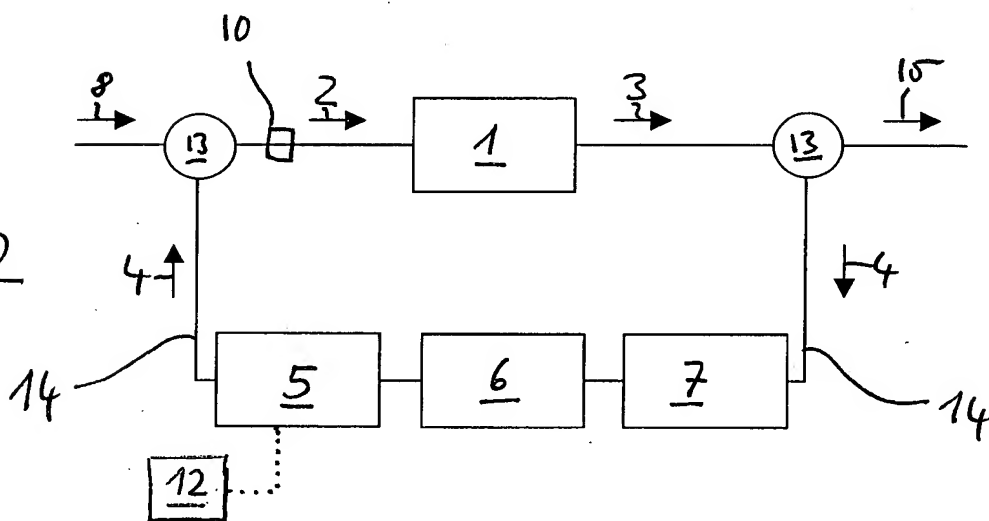
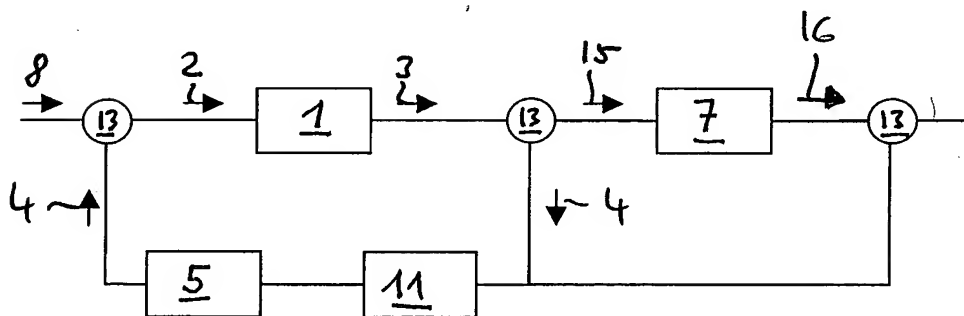


Fig. 3



1/1